



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 29 676.6

Anmeldetag: 27. Juni 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Steuergerät zur Steuerung des
Ablaufs eines multitaskingfähigen Computer-
programms

IPC: G 06 F 9/46

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 27. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

1-2-3-4

5 27.06.2002 WRZ/GGA
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Steuergerät zur Steuerung des Ablaufs eines
multitaskingfähigen Computerprogramms

Stand der Technik

15

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur
Steuerung des Ablaufs eines multitaskingfähigen
Computerprogramms auf einem Recheng Gerät, insbesondere auf
einem Mikroprozessor, eines Steuergeräts zur Steuerung
20 und/oder Regelung eines Systems. Das System kann
verschiedene mögliche Systemzustände einnehmen.

Die Erfindung betrifft außerdem ein Steuerprogramm zur
Steuerung des Ablaufs eines multitaskingfähigen
25 Computerprogramms auf einem Recheng Gerät, insbesondere auf
einem Mikroprozessor, eines Steuergeräts zur Steuerung
und/oder Regelung eines Systems. Das System kann
verschiedene mögliche Systemzustände einnehmen. Das
Steuerprogramm ist auf dem Recheng Gerät ablauffähig.

30

Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung auch ein
Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems,
das verschiedene mögliche Systemzustände einnehmen kann.
Das Steuergerät umfasst ein Recheng Gerät, insbesondere einen
35 Mikroprozessor, auf dem ein multitaskingfähiges

Computerprogramm ablauffähig ist, und Mittel zur Koordination des Ablaufs des Computerprogrammes.

- Aus dem Stand der Technik ist bspw. ein Computerprogramm zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrdynamiksystems (sog. elektronisches Stabilitätsprogramm, ESP) eines Kraftfahrzeugs bekannt. Das Fahrdynamiksystem kann verschiedene mögliche Systemzustände einnehmen. Mögliche Systemzustände sind bspw. ein Normalbetrieb (ESP_normal), ein erster eingeschränkter Betrieb (Backup_ABS), in dem ein Fahrzeugregler (FZR) des ESP nicht und lediglich ein Antiblockiersystem (ABS) funktionsfähig ist, ein zweiter eingeschränkter Betrieb (Backup_EBD), in dem lediglich ein System zur Verteilung der Bremskraft (Electronic Brake Distribution, EBD) funktionsfähig ist, um zumindest ein Überbremsen der Räder an der Hinterachse zu verhindern, und ein fehlerhafter Zustand (FailSafe), in dem alle wesentlichen Sicherheitsfunktionen des ESP, insbesondere FZR, ABS und EBD, ausgefallen sind. Um sicherheitskritische Fahrsituationen zu vermeiden, werden einem Fahrer des Kraftfahrzeugs die verschiedenen Systemzustände, zumindest aber die Zustände, in denen nur noch eine eingeschränkte bzw. eine fehlerhafte Funktion des Systems gegeben ist, bspw. akustisch oder optisch mittels Warnlampen mitgeteilt.
- Das Computerprogramm ist auf einem Rechenggerät, das insbesondere als ein Prozessor ausgebildet ist, eines Steuergeräts zur Steuerung und/oder Regelung des Fahrdynamiksystems ablauffähig.
- Nach dem Stand der Technik wird das Computerprogramm zur Steuerung und/oder Regelung des Fahrdynamiksystems in einem vorgebbaren Zeitraster, d. h. lediglich in einer einzigen Zeitscheibe, zyklisch abgearbeitet. Die Funktionsaufrufe innerhalb des Computerprogramms erfolgen also in einer vorgegebenen Reihenfolge nacheinander. Die Reihenfolge wird

derart vorgegeben, dass die Eingangsgrößen der Funktionen vor deren Ausführung zur Verfügung stehen. Bei Eingangsgrößen, die von anderen Funktionen berechnet werden, müssen also diese anderen Funktionen zunächst
5 ausgeführt werden, bevor die Funktion ausgeführt werden kann, welche die in den anderen Funktionen berechneten Eingangsgrößen benötigt.

Aus dem Stand der Technik ist es des Weiteren bekannt,
10 Computerprogramme zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems auf einem multitaskingfähigen Betriebssystem auszuführen, und das Computerprogramm statt in einem einzigen in verschiedenen Zeitrastern abzuarbeiten. Das bedeutet jedoch, dass die Funktionen des Computerprogramms
15 nicht mehr in einer strikt festgelegten Reihenfolge abgearbeitet werden und dass nunmehr andere Vorkehrungen getroffen werden müssen, um sicherzustellen, dass die Eingangsgrößen der Funktionen vor deren Ausführung zur Verfügung stehen.

20

Den Funktionen des Computerprogramms werden verschiedene Prioritäten zugeordnet. Sicherheitsrelevanten Funktionen wird eine höhere Priorität zugeordnet als anderen
Funktionen. Höherprioritäre Funktionen werden in kürzeren
25 Zeitrastern ausgeführt, d. h. in Zeitrastern, die häufiger wiederholt werden, wohingegen weniger sicherheitsrelevante Funktionen mit einer niedrigeren Priorität in längeren Zeitrastern abgearbeitet werden, die seltener wiederholt werden. Insbesondere muss sichergestellt werden, dass die
30 Eingangsgrößen der Funktionen immer zum richtigen Zeitpunkt vorliegen, d. h. eine Funktion, die bspw. in einem 5ms-Zeitraster abgearbeitet wird und Eingangsgrößen aus einem 40ms-Zeitraster benötigt, darf erst dann ausgeführt werden, nachdem das 40ms-Zeitraster bereits abgearbeitet wurde und
35 die erforderlichen Eingangsgrößen berechnet wurden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Ablauf eines multitaskingfähigen Computerprogramms derart zu koordinieren, dass die für die Ausführung einer Funktion des Computerprogramms erforderlichen Eingangsgrößen zu Beginn der Ausführung der Funktion mit Sicherheit vorliegen.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die vorliegende Erfindung ausgehend von dem Verfahren der eingangs genannten Art die nachfolgenden Verfahrensschritte vor:

- Unterteilen des Computerprogramms in mehrere funktional zusammenhängende Funktionalitäten;
- Definition von möglichen Betriebszuständen für die Funktionalitäten;
- Definition der möglichen Systemzustände des Systems, indem den Funktionalitäten für jeden Systemzustand vorgebbare Betriebszustände zugeordnet werden;
- Ermitteln von Abhängigkeit der Funktionalitäten untereinander, wobei eine erste Funktionalität von einer zweiten Funktionalität abhängig ist, wenn mindestens eine Eingangsgröße der ersten Funktionalität in der zweiten Funktionalität ermittelt wird; und
- zentrale Vorgabe der für einen bestimmten Systemzustand erforderlichen Betriebszustände unter Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten und weiterer Randbedingungen.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung des Ablaufs

eines multitaskingfähigen Computerprogramms ermöglicht es, das Computerprogramm zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems in verschiedenen Zeitscheiben eines multitaskingfähigen Betriebssystems unter Berücksichtigung der vorhandenen Abhängigkeiten der Funktionalitäten untereinander und weiterer Randbedingungen flexibel und schnell zu steuern. Eine Erweiterung des Computerprogramms durch Hinzufügen weiterer Funktionalitäten ist problemlos möglich.

Erfindungsgemäß wird das Computerprogramm also in mehrere funktional zusammenhängende Einheiten, sog. Funktionalitäten, unterteilt. Für jede der Funktionalitäten werden zulässige Betriebszustände definiert. Die Definition der zulässigen Betriebszustände kann bspw. aufgrund von praktischen Erfahrungen, aufgrund von Simulationen oder aufgrund von theoretischen Überlegungen erfolgen. Des Weiteren werden die Systemzustände, welche das System einnehmen kann, definiert. Jeder Systemzustand ist dadurch charakterisiert, dass mindestens eine Funktionalität einen bestimmten Betriebszustand aufweist, d.h. mindestens einer der Betriebszustände einen vorgebbaren Wert einnimmt. Zur Definition der möglichen Systemzustände werden den Betriebszuständen für jeden Systemzustand bestimmte Werte zugeordnet.

Die Funktionalitäten des Computerprogramms werden aufgeteilt in voneinander abhängige Funktionalitäten einerseits und voneinander unabhängige Funktionalitäten andererseits. So ist bspw. eine erste Funktionalität von einer zweiten Funktionalität abhängig, wenn mindestens eine Eingangsgröße der ersten Funktionalität in der zweiten Funktionalität ermittelt wird. Die ermittelten Abhängigkeiten werden in dem Steuergerät abgelegt, so dass im Rahmen der Steuerung des Ablaufs des Computerprogramms

auf die ermittelten Abhängigkeiten zugegriffen werden kann. Diese Abhängigkeiten der einzelnen Funktionalitäten zueinander bestimmen nämlich gemäß der vorliegenden Erfindung entscheidend den Zeitpunkt, zu dem eine Funktionalität von einem Betriebszustand in einen anderen Betriebszustand wechseln kann und somit, wann das Gesamtsystem von einem Systemzustand in einen anderen Systemzustand übergehen kann.

10 Sobald sämtliche Eingangsgrößen einer bestimmten Funktionalität, durch die ein bestimmter Systemzustand charakterisiert wird, vorliegen, kann der Betriebszustand dieser Funktionalität gewechselt werden. Dies gilt auch für alle weiteren Funktionalitäten, durch die der Systemzustand außerdem noch charakterisiert ist. Erst wenn sämtliche Funktionalitäten in den entsprechenden Betriebszustand gewechselt sind (und wenn evtl. weitere vorgebbare Randbedingungen erfüllt sind), geht das System in den gewünschten Systemzustand über. Anders ausgedrückt, wird der gewünschte Systemzustand bzw. werden die diesen Systemzustand charakterisierenden Betriebszustände der Funktionalitäten erst dann zentral vorgegeben, wenn die ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten und weitere Randbedingungen erfüllt sind.

25 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass ein Betriebszustand durch eine Betriebszustandsvariable definiert wird, die verschiedene Betriebszustandswerte annehmen kann. Somit ist jeder Funktionalität eine Betriebszustandsvariable zugeordnet, die je nach Betriebsstellung der Funktionalität unterschiedliche Betriebszustandswerte annimmt. Je nachdem, welchen Betriebszustandswert die Betriebszustandsvariable einer Funktionalität aufweist, steht die Funktionalität bspw. in vollem Umfang, eingeschränkt oder überhaupt nicht,

zur Verfügung.

Die verschiedenen Betriebszustände einer Funktionalität können bspw. dadurch bedingt sein, dass bei der Ausführung
5 der Funktionalität noch nicht alle erforderlichen Eingangsgrößen zur Verfügung stehen. Falls es in einem solchen Fall nicht möglich sein sollte, vorab entsprechende Funktionalitäten zur Berechnung dieser Eingangsgrößen auszuführen, muss die Funktionalität mit Eingangsgrößen
10 ausgeführt werden, die mittels eines alternativen Algorithmus oder durch Modellierung aus anderen Größen ermittelt wurden. Das kann jedoch dazu führen, dass die Funktionalität nicht in vollem Umfang, sondern lediglich eingeschränkt zur Verfügung steht. Falls die fehlenden
15 Eingangsgrößen nicht modelliert oder anderweitig berechnet werden können, kann es sogar vorkommen, dass die Funktionalität überhaupt nicht zur Verfügung steht.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden
20 Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Betriebszustandsvariable den Stellungen "volle Funktionalität", "eingeschränkte Funktionalität" und "keine Funktionalität" entsprechende Betriebszustandswerte annehmen kann.

25

Es wird des Weiteren vorgeschlagen, dass zur Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten die Abarbeitung der einen bestimmten Systemzustand charakterisierenden Funktionalitäten derart
30 zeitlich gestaffelt wird, dass die zweite Funktionalität zur Ermittlung der mindestens einen Eingangsgröße für die erste Funktionalität vor der ersten Funktionalität abgearbeitet wird.

35 Alternativ wird vorgeschlagen, dass zur Berücksichtigung

der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten die mindestens eine Eingangsgröße für die erste Funktionalität nicht durch Abarbeitung der zweiten Funktionalität, sondern auf andere Weise ermittelt wird.

- 5 Die andere Weise zur Ermittlung der mindestens einen Eingangsgröße für die erste Funktionalität umfasst vorteilhafterweise eine Modellierung der Eingangsgröße aus anderen Größen, eine Ermittlung einer Ersatzgröße und/oder eine Ermittlung der Eingangsgröße anhand eines alternativen
10 Algorithmus.

- Gemäß einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Betriebszustände von einem bestimmten Systemzustand
15 charakterisierenden Funktionalitäten in Abhängigkeit von mindestens einem in dem System aufgetretenen Fehler vorgegeben werden. Gemäß dieser Weiterbildung werden also Fehlerzustände in dem System erkannt und lokalisiert. Die aufgetretenen Fehler in dem System wirken sich auf die
20 Auswahl und die Vorgabe eines bestimmten Systemzustands aus. Außerdem werden diejenigen Eingangsgrößen, auf die sich der Fehlerzustand auswirkt, entsprechend gekennzeichnet (Eingangsgrößen-Statussignal). Der ausgewählte Systemzustand und der Status der Eingangsgrößen
25 wird dann bei der Auswahl und Vorgabe der Betriebszustände der einzelnen Funktionalitäten, welche den vorgegebenen Systemzustand charakterisieren, berücksichtigt. Es wird eine Strategie entwickelt, wie die einzelnen Funktionalitäten in die für den ausgewählten Systemzustand
30 erforderlichen Betriebszustände unter Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten überführt werden können. Wenn alle den Systemzustand charakterisierenden Funktionalitäten die erforderlichen Betriebszustände aufweisen, ist der Übergang des Systems in
35 den vorgegebenen Systemzustand abgeschlossen.

Gemäß noch einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Betriebszustände von einem bestimmten Systemzustand charakterisierenden Funktionalitäten in Abhängigkeit von den Ist-Betriebszuständen der Funktionalitäten vorgegeben werden. Gemäß dieser Weiterbildung wird anhand der Ist-Betriebszustände der Funktionalitäten der momentane Ist-Systemzustand ermittelt. Außerdem wird der Ist-Betriebszustand bei der Steuerung der Betriebszustände untereinander berücksichtigt, so dass bspw. einer bestimmten Funktionalität erst dann ein neuer Soll-Betriebszustand vorgegeben wird, wenn mindestens eine andere Funktionalität einen erforderlichen Betriebszustand eingenommen hat. In einem Fahrdynamiksystem eines Kraftfahrzeugs wird bspw. einem Fahrzeugregler erst dann ein neuer Soll-Betriebszustand vorgegeben, wenn der Betriebszustand eines ABS-Reglers den Übergang von einer eingeschränkten zu einer vollen Funktionsfähigkeit vollzogen hat.

Erfindungsgemäß werden des Weiteren zwei besonders vorteilhafte Verwendungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung des Ablaufs eines multitaskingfähigen Computerprogramms vorgeschlagen. Zum einen wird vorgeschlagen, das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems in einem Fahrzeug, insbesondere in einem Kraftfahrzeug, zu verwenden. Insbesondere wird vorgeschlagen, das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrdynamiksystems in einem Kraftfahrzeug zu verwenden. Zum anderen wird vorgeschlagen, das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems in einem Gebäude

zu verwenden. Insbesondere wird vorgeschlagen, das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms zur Steuerung und/oder Regelung eines Alarmsystems, eines Heizungs- und Klimatisierungssystems und/oder eines
5 Zugangskontrollsystems in einem Gebäude zu verwenden.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerprogramms, das für ein Steuergerät zur Steuerung
10 und/oder Regelung eines Systems, das verschiedene mögliche Systemzustände einnehmen kann, vorgesehen ist. Dabei ist das Steuerprogramm auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, des Steuergeräts ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet. In
15 diesem Fall wird also die Erfindung durch das Steuerprogramm realisiert, so dass das Steuerprogramm in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung es geeignet ist. Besonders bevorzugt ist dabei, wenn das Steuerprogramm auf einem
20 Speicherelement, insbesondere auf einem Read-Only-Memory, auf einem Random-Access-Memory oder auf einem Flash-Memory abgespeichert ist.

Als eine weitere Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird ausgehend von dem Steuergerät der eingangs genannten Art vorgeschlagen, dass das Steuergerät des Weiteren umfasst:

- 30 - Mittel zum Unterteilen des Computerprogramms in mehrere funktional zusammenhängende Funktionalitäten;
- Mittel zur Definition von zulässigen Betriebszuständen der Funktionalitäten;
- 35 - Mittel zur Definition der möglichen Systemzustände, wobei diese Mittel den Betriebszuständen für jeden

Systemzustand vorgebbare Stellungen zuordnen;

- Mittel zum Ermitteln von voneinander abhängigen Funktionalitäten, wobei eine erste Funktionalität von einer zweiten Funktionalität abhängig ist, wenn mindestens eine Eingangsgröße der ersten Funktionalität in der zweiten Funktionalität ermittelt wird; und
- Mittel zur zentralen Vorgabe der für einen bestimmten Systemzustand erforderlichen Betriebszustände unter Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten und weiterer Randbedingungen.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, dass das Steuergerät Mittel zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens aufweist.

Zeichnungen

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung. Es zeigen:

Figur 1 verschiedene Systemzustände eines Systems;

Figur 2 eine Funktionalität eines multitaskingfähigen Computerprogramms zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems;

Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer bevorzugten Ausführungsform; und

5

Figur 4 ein erfindungsgemäßes Steuergerät gemäß einer bevorzugten Ausführungsform.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein multitaskingfähiges Computerprogramm zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems. Das Computerprogramm ist auf einem Recheng Gerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, eines Steuergeräts zur Steuerung und/oder Regelung des Systems ablauffähig. Das multitaskingfähige Computerprogramm wird in mehreren unterschiedlichen Zeitrastern abgearbeitet. Zwar wiederholen sich die einzelnen Zeitraster zyklisch, insgesamt betrachtet wird das Computerprogramm aber nicht zyklisch abgearbeitet.

20

Das Computerprogramm ist in mehrere Aufgabenprogramme (sog. Tasks) unterteilt, denen verschiedene Prioritäten zugeordnet sind. Tasks mit sicherheitsrelevant Aufgaben werden höhere Prioritäten zugeordnet als solchen Tasks, die keine sicherheitsrelevanten Aufgaben haben. Die höher prioren Tasks werden in kürzeren Zeitrastern ausgeführt, d. h. sie werden pro Zeiteinheit häufiger abgearbeitet als die nieder prioren Tasks.

25

30

Die Unterteilung des Computerprogramms in mehrere Tasks betrifft die softwaretechnische Realisierung des Computerprogramms. Auf der funktionalen Ebene ist das Computerprogramm in mehrere funktional zusammenhängende Einheiten, sog. Funktionalitäten, unterteilt. Eine

35

Funktionalität kann eine oder mehrere Tasks umfassen. Bei einem Computerprogramm zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrdynamiksystems (elektronisches Stabilitätsprogramm, ESP) in einem Kraftfahrzeug sind

5 Funktionalitäten bspw. ein Antiblockiersystem (ABS), durch das ein Blockieren der Räder beim Bremsen verhindert wird, oder ein Fahrzeugregler (FZR), der auf die einzelnen Räder gezielt Bremseingriffe vornimmt, um die Fahrdynamik des Kraftfahrzeugs zu erhalten.

10

Aufgrund der Tatsache, dass bei einem multitaskingfähigen Computerprogramm die Funktionsaufrufe nicht einfach nacheinander erfolgen und somit nicht einfach durch die Reihenfolge der Aufrufe sichergestellt werden kann, dass

15 die Eingangsgrößen einer Funktionalität von einer zuvor ausgeführten Funktionalität bereits ermittelt worden sind, müssen bei multitaskingfähigen Computerprogrammen andere Vorkehrungen getroffen werden, um sicherzustellen, dass den auszuführenden Funktionalitäten die erforderlichen

20 Eingangsgrößen immer richtig vorliegen. So darf bspw. eine Funktionalität, die in einer 5ms-Task aufgerufen wird und die Eingangsgrößen aus einer 40ms-Task benötigt, beim ersten Aufruf erst dann ausgeführt werden, wenn die 40ms-Task bereits berechnet wurde.

25

Ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es, dass jedem der Systemzustände bzw. jedem (zulässigen) Übergang von einem ersten Systemzustand zu einem zweiten Systemzustand Übergangsbedingungen zugeordnet sind, und der

30 Ablauf des Computerprogramms derart gesteuert wird, dass das System erst dann in den zweiten Systemzustand überführt wird, wenn alle dem Übergang in den zweiten Systemzustand zugeordneten Übergangsbedingungen erfüllt sind. Wenn die Übergangsbedingung bspw. darin besteht, dass sämtliche

35 Eingangsgrößen einer den zweiten Systemzustand

charakterisierenden Funktionalität zur Verfügung stehen, kann anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens sichergestellt werden, dass das Gesamtsystem tatsächlich erst dann von dem ersten Systemzustand in den zweiten Systemzustand überführt wird, wenn alle erforderlichen Eingangsgrößen vorliegen.

Die verschiedenen Systemzustände 30 sind in Figur 1 am Beispiel eines Fahrdynamiksystems (ESP) dargestellt. Es sind u.a. die nachfolgenden Systemzustände 30 möglich:

- „FullSystem“: Normalbetrieb, volle Funktionsfähigkeit des Fahrdynamiksystems;
- „Backup_ABS“: Nur Antiblockiersystem (ABS), kein Fahrzeugregler (FZR) aktiv, eingeschränkte Funktionsfähigkeit;
- „Backup_EBD“: Nur elektronische Bremskraftverteilung (Electronic Brake Distribution, EBD) aktiv, eingeschränkte Funktionsfähigkeit;
- „FailSafe“: FZR, ABS, EBD inaktiv, keinerlei Funktionsfähigkeit des Systems; und
- „XYZ“: ein beliebig anderer Systemzustand.

Die Übergänge zwischen den Systemzuständen sind mit dem Bezugszeichen 31 bezeichnet.

In Figur 2 ist eine Funktionalität X dargestellt, welche die Eingangsgrößen Ein_i und die Ausgangsgrößen Aus_i aufweist. Zwischen den Eingangsgrößen Ein_i und den Ausgangsgrößen Aus_i ist ein in horizontaler Richtung verschiebbarer Schieber vorgesehen, der drei verschiedene

Betriebszustände A, B, C der Funktionalität X repräsentiert. Durch Verschieben des Schiebers kann der Betriebszustand A, B, C der Funktionalität X gewechselt werden.

5

Die verschiedenen Systemzustände 30 des Systems sind dadurch charakterisiert, dass mindestens eine der Funktionalitäten X des Systems einen vorgebbaren Betriebszustand A, B, C aufweist. Aus der Summe der Betriebszustände A, B, C der Funktionalitäten X ergibt sich somit der entsprechende Systemzustand 30 des Gesamtsystems. Jeder Funktionalität X des Computerprogramms ist eine Betriebszustandsvariable zugeordnet, die verschiedene Betriebszustandswerte, die jeweils einem bestimmten Betriebszustand A, B, C der Funktionalität X entsprechen, annehmen kann.

10

15

20

25

30

35

Das Umschalten einer Funktionalität X in einen anderen Betriebszustand A, B, C kann bspw. erforderlich sein, wenn nicht alle zur Ausführung der Funktionalität X erforderlichen Eingangsgrößen Ein_i vorliegen. Zunächst kann versucht werden, den Ablauf dieser Funktionalität X so weit hinauszuzögern, bis alle erforderlichen Eingangsgrößen Ein_i vorliegen, d. h. bis andere Funktionalitäten X, in denen die erforderlichen Eingangsgrößen Ein_i ermittelt wurden, ausgeführt worden sind. Es sind jedoch Situationen denkbar, in denen ein Hinauszögern der Ausführung einer Funktionalität X, bis alle erforderlichen Eingangsgrößen Ein_i vorliegen, nicht möglich ist. In einem solchen Fall können die fehlenden Eingangsgrößen Ein_i auch anhand anderer Größen modelliert oder mittels eines alternativen Algorithmus berechnet werden. Es ist auch denkbar, statt der fehlenden Eingangsgröße Ein_i eine andere Größe, die bereits zur Verfügung steht, zur Ausführung der Funktionalität X heranzuziehen. Alle diese Maßnahmen, die

ergriffen werden können, falls eine erforderliche Eingangsgröße Ein_i nicht zur Verfügung steht, führen letzten Endes jedoch mehr oder weniger zu einer Einschränkung der Funktionsfähigkeit der Funktionalität, was durch einen Wechsel des Betriebszustandes A, B, C ausgedrückt wird.

In Figur 3 wird ein Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines multitaskingfähigen Computerprogramms beispielhaft anhand eines Fahrdynamiksystems in einem Kraftfahrzeug beschrieben. Dieses Verfahren und insbesondere die vorliegende Erfindung kann jedoch für beliebige Systeme eingesetzt werden, die durch ein multitaskingfähiges Computerprogramm gesteuert und/oder geregelt werden. Eine weitere Einsatzmöglichkeit, die hier ausdrücklich angesprochen wird, ist der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms zur Steuerung und/oder Regelung eines Alarmsystems, eines Heizungs- und Klimatisierungssystems und/oder eines Zugangskontrollsystems in einem Gebäude, also an den Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens im Bereich des Gebäudemanagements.

In einem Funktionsblock 1 wird die sog. Plattform-Software (PSW) überwacht. Unter Plattform-Software wird der hardwarenahe Teil des Computerprogramms zur Steuerung und/oder Regelung des Fahrdynamiksystems verstanden. In einem Funktionsblock 2 wird die Anwender-Software (ASW) überwacht. Unter Anwender-Software wird bei einem Fahrdynamiksystem bspw. die ABS-Regelung oder der Fahrzeugregler (FZR) verstanden. Die Funktionsblöcke 1 und 2 dienen zur Erkennung von Fehlern 11, 12 in den entsprechenden Softwareteilen. Ein möglicher Fehler 11, 12, der in den Funktionsblöcken 1 und 2 erkannt werden könnte, wäre bspw. ein Sensorfehler, der es verhindert, dass eine

bestimmte Eingangsgröße Ein_i, die zur Berechnung einer Funktionalität X erforderlich ist, zur Verfügung steht.

Die in den Funktionsblöcken 1 und 2 erkannten Fehler 11, 12 werden an einen Funktionsblock 3 übermittelt, der als ein Makro realisiert ist. In dem Funktionsblock 3 wird anhand der in den Funktionsblöcken 1 und 2 ermittelten Fehler 11, 12 ein entsprechender Fehlerzustand 13 des Systems ermittelt. Dieser Fehlerzustand 13 wird von dem Funktionsblock 3 an einen weiteren Funktionsblock 4 übertragen, der als Failure Processing System (FPS) bezeichnet wird. In dem Funktionsblock 4 wird unter Berücksichtigung der ermittelten Fehlerzustände 13 eine entsprechende Strategie zum Übergang in den zweiten Systemzustand, genauer gesagt, eine Strategie zum gezielten Wechseln der Betriebszustände A, B, C der den zweiten Systemzustand charakterisierenden Funktionalitäten, ermittelt. Die in dem Funktionsblock 4 ermittelte Strategie 14 zum Umschalten der Betriebszustände A, B, C der Funktionalitäten X zum Übergang in den zweiten Systemzustand, wird an einen Funktionsblock 5 übermittelt. Genauer gesagt, werden von dem Funktionsblock 4 an den Funktionsblock 5 gemäß der ermittelten Strategie 14 nacheinander verschiedene Soll-Betriebszustände derjenigen Funktionalitäten übermittelt, die den zweiten Systemzustand charakterisieren. Die ermittelte Strategie 14 repräsentiert also einem Soll-Systemzustand, in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel den zweiten Systemzustand.

Die in dem Funktionsblock 3 ermittelten Fehlerzustände 13 werden außerdem an einen Funktionsblock 6 übertragen, in welchem der Status der Eingangsgrößen Ein_i der Funktionalitäten X durch Setzen eines sog. Invalid Bit gekennzeichnet wird. Für jede Eingangsgröße Ein_i der Funktionalitäten X des Computerprogramms ist ein eigenes

Statussignal in Form des Invalid Bit vorgesehen. Wenn also in den Funktionsblöcken 1 oder 2 ein Sensorfehler 11, 12 detektiert wurde, werden diejenigen Eingangsgrößen Ein_i, die von dem Sensorfehler 11, 12 beeinträchtigt werden, durch Setzen oder Löschen des Invalid Bit entsprechend gekennzeichnet. Das Statussignal 15 wird ebenfalls an den Funktionsblock 5 übertragen.

10 In einem Funktionsblock 7 wird der Ist-Systemzustand 16 ermittelt und ebenfalls an den Funktionsblock 5 übertragen. Am Beispiel eines Fahrdynamiksystems umfasst der Ist-Systemzustand 16 den Zustand des Fahrdynamiksystems an sich, aber auch den Fahrzustand des Kraftfahrzeugs. In einem Funktionsblock 8 werden die Abhängigkeiten 17 der 15 Betriebszustände A, B, C bzw. der Funktionalitäten X untereinander ermittelt. Die ermittelten Abhängigkeiten 17 werden ebenfalls an den Funktionsblock 5 übermittelt.

In dem Funktionsblock 5 werden Soll-Betriebszustände 18 in 20 Abhängigkeit der von den Funktionsblöcken 4, 6, 7, 8 erhaltenen Größen 14, 15, 16, 17 aufbereitet. Insbesondere wird in dem Funktionsblock 5 überprüft, ob die Betriebszustandsvariablen der Funktionalitäten X die für den zweiten Systemzustand geforderten Betriebszustandswerte 25 aufweisen, d. h. ob sich die den zweiten Systemzustand charakterisierenden Funktionalitäten in den geforderten Betriebszuständen befinden. Die Funktionsblöcke 4 bis 8 sind in einem übergeordneten Funktionsblock 9 zusammengefasst, der als Controller Release System (CRS) 30 bezeichnet wird.

Falls in dem Funktionsblock 5 festgestellt wird, dass die Betriebszustandsvariablen die geforderten Betriebszustandswerte aufweisen, d. h. sich die 35 Funktionalitäten, welche den zweiten Systemzustand

charakterisieren, in den geforderten Betriebszuständen befinden, gibt der Funktionsblock 5 einen oder mehrere Soll-Betriebszustände 18 vor und übermittelt diese an einen Funktionsblock 10. In dem Funktionsblock 10 ist die

5 Anwendersoftware (ASW) und eine Sicherheitssoftware (SIS) sowie eine Offsetaufbereitung enthalten. Die ASW entspricht dem Reglerteil der Software (z. B. zur ABS-, ASR- oder Motormomentenregler). Die entsprechenden Funktionalitäten in dem Funktionsblock 10 werden dann in den Soll-
 10 Betriebszustand 18 geschaltet. Der Ist-Betriebszustand 19 wird von dem Funktionsblock 10 an die Funktionsblöcke 7 und 8 übermittelt. Dort werden sie zur Ermittlung des Ist-Systemzustandes in Funktionsblock 7 und zur Ermittlung der Abhängigkeiten der Funktionalitäten X untereinander in
 15 Funktionsblock 8 herangezogen.

Beim Übergang von einem Betriebszustand A, B, C in einen anderen können prinzipiell zwei unterschiedliche Arten von Übergängen unterschieden werden:

20

- Der Übergang von einem Betriebszustand niedriger Priorität zu einem Betriebszustand höherer Priorität wie bspw. der Übergang von ABS_Vollsystem zu ABS_Off. Dieser Übergang erfolgt unmittelbar,
 25 damit es zu keinen weiteren eventuell fehlerhaften Ansteuerungen kommen kann.

30

- Der Übergang von einem Betriebszustand höherer Priorität zu einem Betriebszustand niedrigerer Priorität, wie bspw. von ABS_Off zu ABS_Vollsystem. In diesem Fall wird der Übergang von dem Soll- zu dem Ist-Betriebszustand durch die Funktionalität selbst bestimmt. Dabei muss der Ist-Betriebszustand solange voll funktionsfähig bleiben, bis der Soll-
 35 Betriebszustand erreicht ist. Während der

Umschaltphase von dem Ist-Betriebszustand in den Soll-Betriebszustand werden beide Betriebszustände parallel berechnet. Somit bestimmt die Funktionalität selbst, wann der Übergang erfolgen soll. Zu beachten ist, dass während der Übergangsphase akustische oder optische Warnhinweise weiterhin ausgegeben werden müssen. Seitens des FPS (Failure Processing System) in Funktionsblock 4 werden keine Warnhinweise mehr ausgegeben, da durch einen Reset der in den Funktionsblöcken 1 oder 2 erkannte Fehler 11, 12 bereits zurückgesetzt wurde.

In Figur 4 ist ein erfindungsgemäßes Steuergerät in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 20 bezeichnet. Das Steuergerät 20 dient zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems, das verschiedene mögliche Systemzustände einnehmen kann, insbesondere eines Fahrdynamiksystems in einem Kraftfahrzeug. Das Steuergerät 20 umfasst ein Rechengerät 21, das als ein Mikroprozessor ausgebildet ist. Auf dem Rechengerät 21 ist ein in mehrere funktional zusammenhängende Funktionalitäten unterteiltes multitaskingfähiges Computerprogramm 22 ablauffähig. Das Computerprogramm 22 dient zur Steuerung und/oder Regelung des Systems nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, wenn es auf dem Rechengerät 21 abläuft. Des Weiteren sind in dem Steuergerät 20 Mittel 23 zur Koordination des Ablaufs des Computerprogramms 22 vorgesehen. Die Mittel 23 sind als ein Steuerprogramm ausgebildet, das ebenfalls auf dem Rechengerät 21 ablauffähig ist. Das Computerprogramm 22 und das Steuerprogramm 23 sind auf einem Speicherelement 24 abgespeichert, das bspw. als ein Flash-Memory ausgebildet ist. Zur Abarbeitung des Computerprogramms 22 und des Steuerprogramms 23 werden diese entweder als Ganzes oder abschnittsweise über eine Datenverbindung 25 an das

Rechengerät 21 übermittelt. Ebenso können in der
Gegenrichtung über die Datenverbindung 25 Ergebnisse von
Berechnungen, die in dem Rechengerät 21 ausgeführt wurden,
oder andere Daten an das Speicherelement 24 übermittelt und
5 dort abgespeichert werden. Das Steuerprogramm 23 dient zur
Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn es auf
dem Rechengerät 21 ausgeführt wird.

5 27.06.2002 WRZ/GGA
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Ansprüche

1. Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines multitaskingfähigen Computerprogramms (22) auf einem Rechengerät (21), insbesondere auf einem Mikroprozessor, eines Steuergeräts (20) zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems, das verschiedene mögliche Systemzustände (30) einnehmen kann, **gekennzeichnet durch** die nachfolgenden Verfahrensschritte:

- Unterteilen des Computerprogramms (22) in mehrere funktional zusammenhängende Funktionalitäten (X);
- Definition von möglichen Betriebszuständen (A, B, C) für die Funktionalitäten (X);
- Definition der möglichen Systemzustände (30) des Systems, indem den Funktionalitäten (X) für jeden Systemzustand (30) vorgebbare Betriebszustände (A, B, C) zugeordnet werden;
- Ermitteln von Abhängigkeit der Funktionalitäten (X) untereinander, wobei eine erste Funktionalität von einer zweiten Funktionalität abhängig ist, wenn mindestens eine Eingangsgröße (Ein_i) der ersten

Funktionalität in der zweiten Funktionalität ermittelt wird; und

- zentrale Vorgabe der für einen bestimmten Systemzustand (30) erforderlichen Betriebszustände (A, B, C) unter Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten (X) und weiterer Randbedingungen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Betriebszustand (A, B, C) durch eine Betriebszustandsvariable definiert wird, die verschiedene Betriebszustandswerte annehmen kann.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebszustandsvariable den Stellungen „volle Funktionalität“ (ESP), „eingeschränkte Funktionalität“ (Backup_ABS, Backup_EBD) und „keine Funktionalität“ (FailSafe) entsprechende Betriebszustandswerte annehmen kann.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten (X) die Abarbeitung der einen bestimmten Systemzustand charakterisierenden Funktionalitäten (X) derart zeitlich gestaffelt wird, dass die zweite Funktionalität zur Ermittlung der mindestens einen Eingangsgröße (Ein_i) für die erste Funktionalität vor der ersten Funktionalität abgearbeitet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten (X) die mindestens eine Eingangsgröße (Ein_i) für die erste Funktionalität nicht durch Abarbeitung der zweiten

Funktionalität, sondern auf andere Weise ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die andere Weise zur Ermittlung der mindestens einen Eingangsgröße (Ein_i) für die erste Funktionalität eine Modellierung der Eingangsgröße (Ein_i) aus anderen Größen, eine Ermittlung einer Ersatzgröße und/oder eine Ermittlung der Eingangsgröße anhand eines alternativen Algorithmus umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebszustände (A, B, C) von einem bestimmten Systemzustand (14) charakterisierenden Funktionalitäten (X) in Abhängigkeit von mindestens einem in dem System aufgetretenen Fehler (11, 12) vorgegeben werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebszustände (A, B, C; 18) von einem bestimmten Systemzustand (14) charakterisierenden Funktionalitäten (X) in Abhängigkeit von den Ist-Betriebszuständen (19) der Funktionalitäten (X) vorgegeben werden.
9. Verwendung eines Verfahrens zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms (22) zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems in einem Fahrzeug, insbesondere in einem Kraftfahrzeug, verwendet wird.
10. Verwendung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms (22) zur Steuerung und/oder Regelung eines Fahrdynamiksystems (ESP) in einem Kraftfahrzeug verwendet wird.

11. Verwendung eines Verfahrens zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms (22) zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems in einem Gebäude verwendet wird.

12. Verwendung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zur Steuerung des Ablaufs eines Computerprogramms (22) zur Steuerung und/oder Regelung eines Alarmsystems, eines Heizungs- und Klimatisierungssystems und/oder eines Zugangskontrollsystems in einem Gebäude verwendet wird.

13. Steuerprogramm (23) zur Steuerung des Ablaufs eines multitaskingfähigen Computerprogramms (22) auf einem Recheng Gerät (21), insbesondere auf einem Mikroprozessor, eines Steuergeräts (20) zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems, das verschiedene mögliche Systemzustände (30) einnehmen kann, wobei das Steuerprogramm (23) auf dem Recheng Gerät (21) ablauffähig ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Computerprogramm (22) zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 geeignet ist, wenn es auf dem Recheng Gerät (21) abläuft.

14. Steuerprogramm (23) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerprogramm (23) auf einem Speicherelement (24), insbesondere auf einem Read-Only-Memory, auf einem Random-Access-Memory oder auf einem Flash-Memory abgespeichert ist.

15. Steuergerät (20) zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems, das verschiedene mögliche Systemzustände (30) einnehmen kann, wobei das Steuergerät ein Recheng Gerät (21), insbesondere einen Mikroprozessor, auf dem ein multitaskingfähiges Computerprogramm (22) ablauffähig ist,

und Mittel (23) zur Steuerung des Ablaufs des Computerprogramms (22) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steuergerät (20) des weiteren umfasst:

- 5 - Mittel zum Unterteilen des Computerprogramms (22) in mehrere funktional zusammenhängende Funktionalitäten (X);
- Mittel zur Definition von zulässigen Betriebszuständen (A, B, C) der Funktionalitäten (X);
- 10 - Mittel zur Definition der möglichen Systemzustände (30), wobei diese Mittel den Betriebszuständen (A, B, C) für jeden Systemzustand (30) vorgebbare Stellungen zuordnen;
- 15 - Mittel (8) zum Ermitteln von voneinander abhängigen Funktionalitäten (X), wobei eine erste Funktionalität von einer zweiten Funktionalität abhängig ist, wenn mindestens eine Eingangsgröße (Ein_i) der ersten Funktionalität in der zweiten Funktionalität ermittelt wird; und
- 20 - Mittel (5) zur zentralen Vorgabe der für einen bestimmten Systemzustand (30) erforderlichen Betriebszustände (A, B, C; 18) unter
- 25 Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten (17) zwischen den Funktionalitäten (X) und weiterer Randbedingungen.

16. Steuergerät (20) nach Anspruch 15, dadurch
30 gekennzeichnet, dass das Steuergerät (20) Mittel zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 2 bis

8 aufweist.

5 27.06.2002 WRZ/GGA
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Steuergerät zur Steuerung des Ablaufs eines
multitaskingfähigen Computerprogramms

Zusammenfassung

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Steuergerät
(20) zur Steuerung des Ablaufs eines multitaskingfähigen
Computerprogramms (22) auf einem Rechenggerät (21),
insbesondere auf einem Mikroprozessor, des Steuergeräts
20 (20) zur Steuerung und/oder Regelung eines Systems. Das
System kann verschiedene mögliche Systemzustände einnehmen.
Damit die für die Ausführung einer Funktion des
Computerprogramms (22) erforderlichen Eingangsgrößen zu
Beginn der Ausführung der Funktion mit Sicherheit
25 vorliegen, werden die nachfolgenden Verfahrensschritte
vorgeschlagen:

30

- Unterteilen des Computerprogramms (22) in
mehrere funktional zusammenhängende
Funktionalitäten (X);
- Definition von möglichen Betriebszuständen (A,
B, C) für die Funktionalitäten (X);

- Definition der möglichen Systemzustände (30) des Systems, indem den Funktionalitäten (X) für jeden Systemzustand (30) vorgebbare Betriebszustände (A, B, C) zugeordnet werden;

5

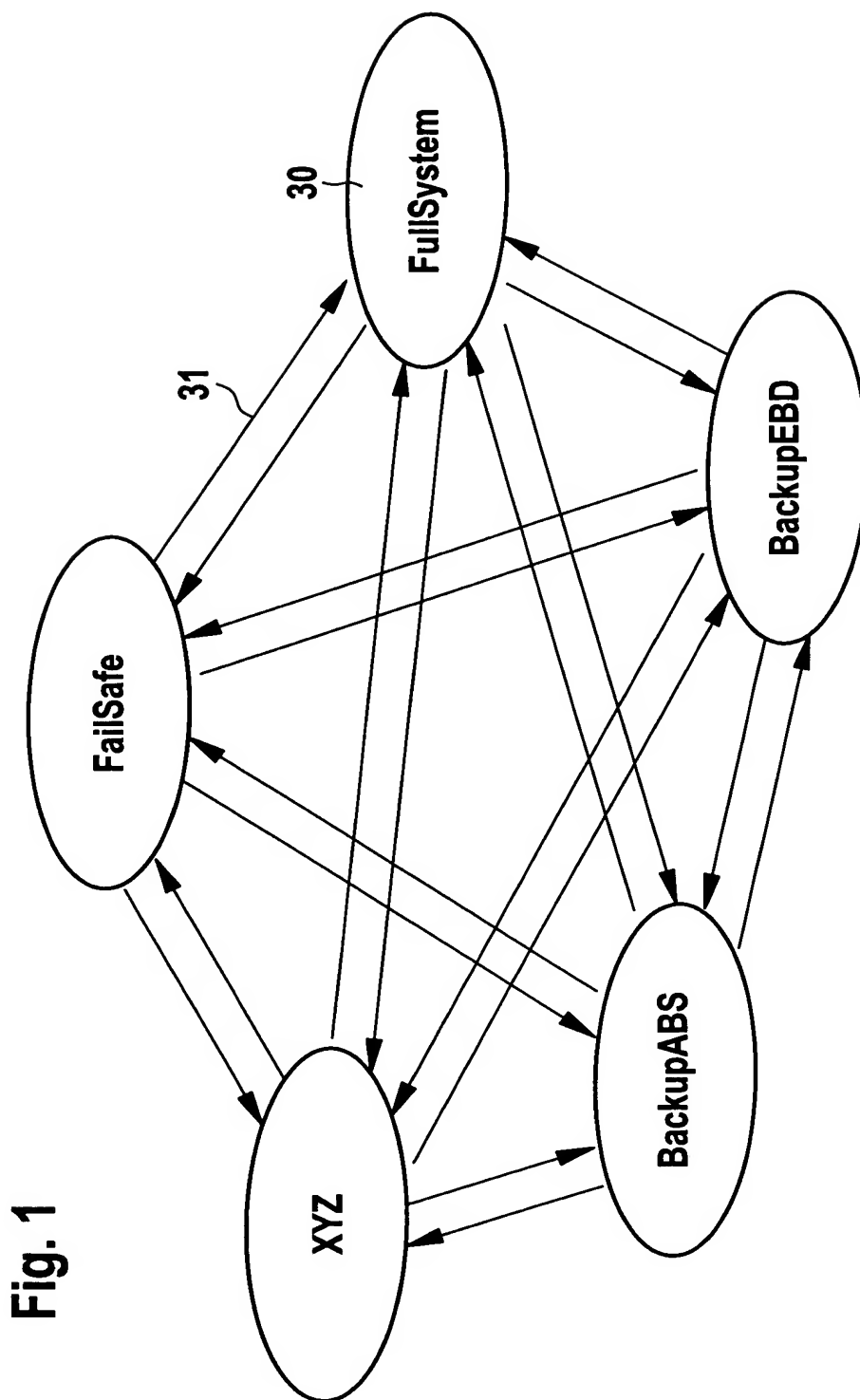
- Ermitteln von Abhängigkeit der Funktionalitäten (X) untereinander, wobei eine erste Funktionalität von einer zweiten Funktionalität abhängig ist, wenn mindestens eine Eingangsgröße (Ein_i) der ersten Funktionalität in der zweiten Funktionalität ermittelt wird; und

(. 10

- zentrale Vorgabe der für einen bestimmten Systemzustand (30) erforderlichen Betriebszustände (A, B, C) unter Berücksichtigung der ermittelten Abhängigkeiten zwischen den Funktionalitäten (X) und weiterer Randbedingungen. (Figur 2)

15

(.



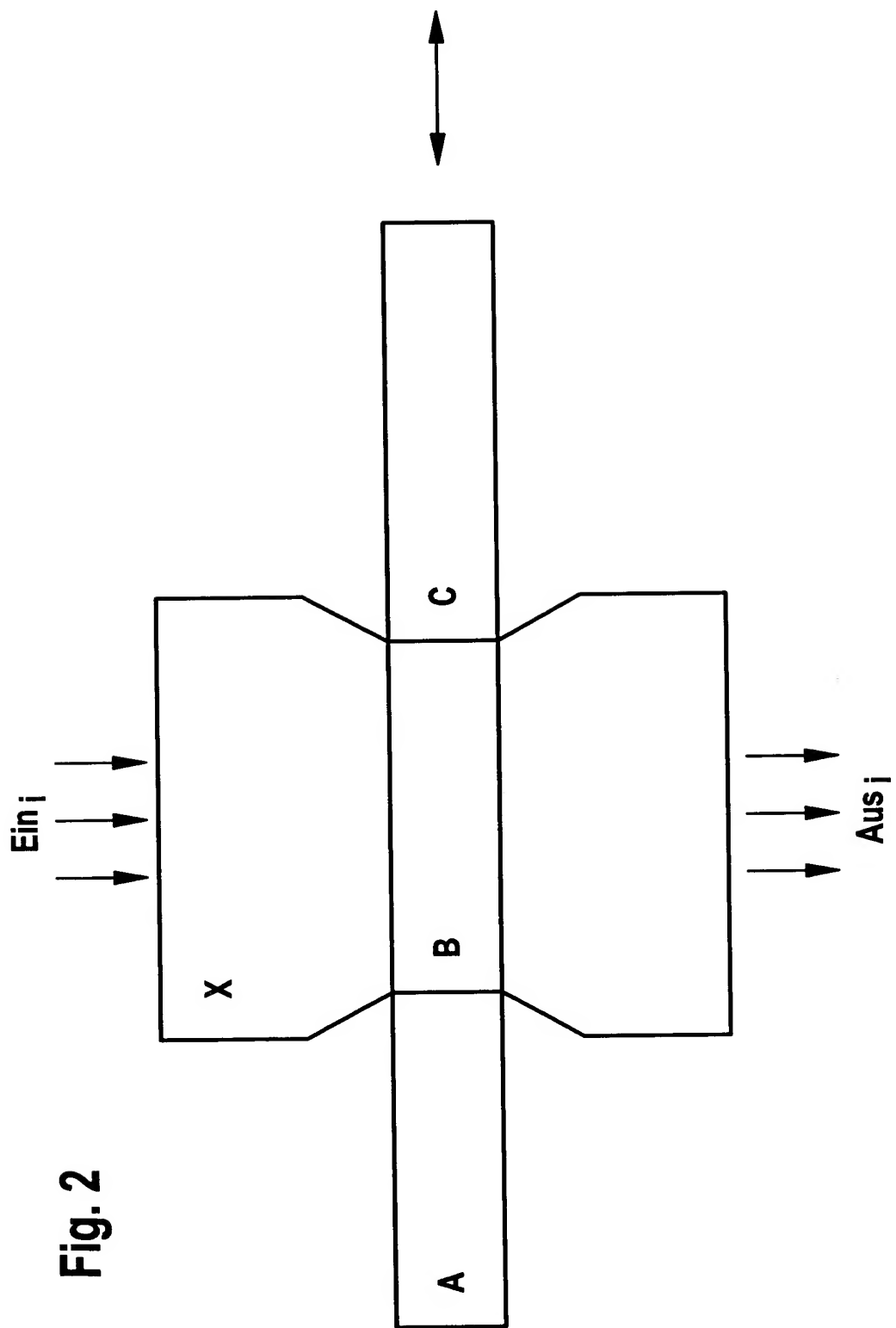


Fig. 2

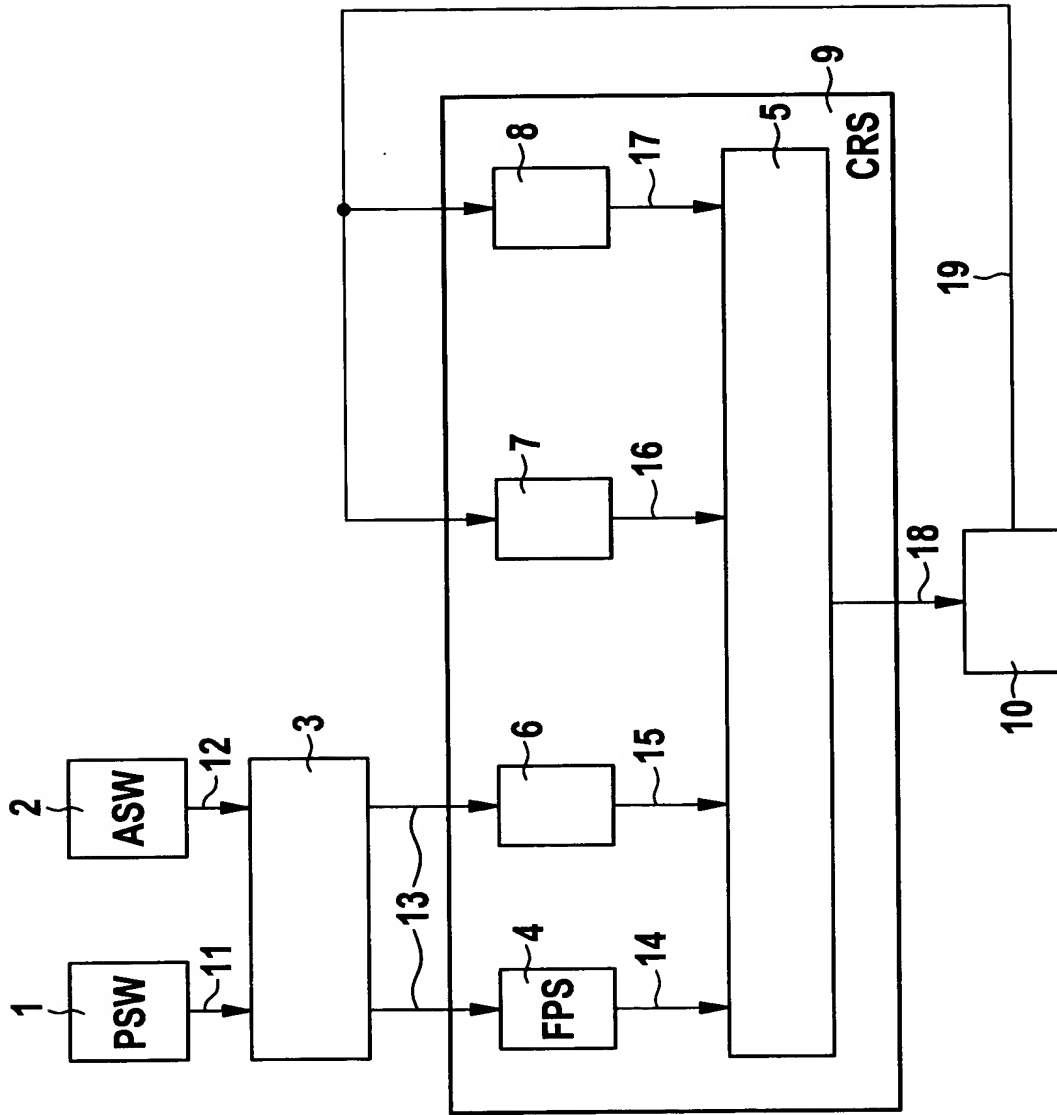


Fig. 3

Fig. 4

